

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004484

International filing date: 15 March 2005 (15.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-098297
Filing date: 30 March 2004 (30.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

16. 3. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 3月30日

出願番号
Application Number: 特願2004-098297

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

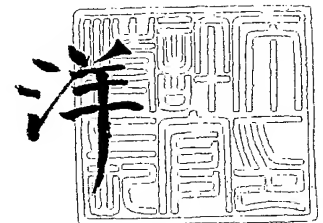
JP 2004-098297

出願人
Applicant(s): 財団法人浜松科学技術研究振興会

2005年 4月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 04330P01HH
【提出日】 平成16年 3月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/035
H04N 5/33

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市城北3丁目5番1号 静岡大学 浜松キャンパス内
【氏名】 皆方 誠

【特許出願人】
【識別番号】 802000020
【氏名又は名称】 財団法人浜松科学技術研究振興会

【代理人】
【識別番号】 100075144
【弁理士】
【氏名又は名称】 井ノ口 壽

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 053017
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0301626

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

多数の擬似位相整合和周波数発生光導波路の各一端と他端を 2 次元平面に整列させて光導波路アレイを形成し、

前記光導波路アレイ一方の平面を各導波路を要素とする入射面、
他方の平面を前記入射面の導波路に対応する導波路を要素とする出射面とし、

前記入射面の任意の要素に入射した入射光 (λ_1) と励起光 (λ_2) から、下記の関係を有する出射光 (λ_3) を前記対応する導波路要素に発生するように構成した像波長変換装置。

記

$$(\lambda_1)^{-1} + (\lambda_2)^{-1} = (\lambda_3)^{-1}$$

ここにおいて、

λ_1 : 入射光の波長

λ_2 : 励起光の波長

λ_3 : 出射光の波長

【請求項 2】

請求項 1 記載の像波長変換装置において、

前記入射光は赤外線から mm 波に渡る不可視光であり、前記励起光は前記出射光が可視光となる波長を持つものであり、前記入射光は最も好ましくは 3.5 μm の赤外線、前記励起光は 0.8 μm 、前記出射光は 0.68 μm である像波長変換装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の像波長変換装置において、

前記入射光に対応した一定の開口を有する前記光導波路アレイを $m \times n$ のマトリックス状に配列し各導波路ごとに和周波数発生用の混合を行なうものである像波長変換装置。

【請求項 4】

像波長変換装置の製造方法であって、

非線形光学結晶ウエハを準備するステップと、

前記光学結晶ウエハに一定の方向に一定の周期で分極反転部分を形成するステップと、

前記非線形光学結晶ウエハを一定の方向に一定の長さを備える多数の光導波路に分離して光導波路要素を準備するステップと、

前記光導波路要素を光学的に分離された状態で接合するステップと、および

前記各要素の一端面の集合面を入射面、他端面の集合面を出射面とするステップ、
からなる像波長変換装置の製造方法。

【請求項 5】

多数の擬似位相整合和周波数発生光導波路の各一端と他端を 2 次元に整列されて形成された入射面と出射面を備える像波長変換装置と、

前記像波長変換装置の入射面に像 (波長 λ_1) を形成する像形成光学系と、

前記像波長変換装置の入射面に励起光 (波長 λ_2) を照射する励起光光学系と、

前記像波長変換装置の出射面に現れた第 3 の波長 (波長 λ_3) の像を受像する受像手段と、
から構成した像波長変換装置システム。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 像波長変換装置、前記装置の製造方法、および前記装置を用いた画像変換システム

【技術分野】

【0001】

本発明は、和周波光混合効果を利用して、一定の波長の電磁波により形成されている像を他の波長の電磁波により形成されている像に変換する画像を形成している光の波長を変換する像波長変換装置、前記装置の製造方法、および前記装置を用いた画像変換システムに関する。

【背景技術】

【0002】

高能率SHG装置を実現するためには基本波と第2高調波（以下単にSH波）との間で、位相整合を達成する必要がある、これに関連して種々の研究がなされている。そのうち擬似位相整合（QUASI-PHASE-MATCHING: 以下単にQPM）を用いたQPM-SHG装置が最も優れている。

QPMは、位相調整を達成するために、基本波とSH波の伝搬定数の差を周期分極反転により補償する方法である。

【0003】

さらに一般的に、非線形光学効果（和周波光混合効果）を呈する非線形光学結晶を利用し、第1の波長の光を第2の波長の励起光と混合励起し、第3の波長の光を得ることができ、それらの間に一定の関係が得られることが知られている。すなわち、非線形光学効果の和周波光混合（フォトンミキシング）では、第1の光（波長 λ_1 ）と第2の光（波長 λ_2 ）とを混合伝搬させると第3の光（波長 λ_3 ）が得られ、それらの間には次の関係が成立する。

$$1/\lambda_1 + 1/\lambda_2 = 1/\lambda_3$$

下記の特許文献1、非特許文献1および非特許文献2に係わるものは、和周波光混合効果を呈する素子に関連するものである。

【特許文献1】 特開2002-31827号

【非特許文献1】 皆方 誠, 長能 重博 「固有モード制御高能率SHG青色高原に関する研究」 静岡大学電子光学研究所 研究報告第34巻（1999）

【非特許文献2】 長能 重博, 皆方 誠 他 「高能率SHGデバイス用微小分極反転方の研究」 静岡大学電子光学研究所 研究報告第36巻（2001）

【0004】

一定の波長の電磁波により形成されている像を他の波長の電磁波により形成されている像に変換する光学装置、特に前記第1の波長が赤外線である場合、つまり赤外線画像（イメージング）計測は、地球環境、宇宙環境リモートセンシング分野の『目』として極めて重要な技術であり、現在、パイロ素子アレイを用いた赤外線カメラなどが用いられている。

これらの公知の赤外線カメラは、極めて高価であり、宇宙や防衛などの特殊産業以外に容易に利用することが困難であり、さらに、ナノ秒以下の高速応答が困難であった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

赤外線像を初めとする不可視像の可視化またはデータ化（リアルタイム処理）は前記分野のみならず他の分野でも強く要請されている。例えば、最近研究開発が急速に進展しつつあるミリ波、テラヘルツ波などの不可視電磁波画像を簡単に可視化する技術や装置の実現は遅れており、それらの実現が強く望まれている。

本発明の主たる目的は、和周波光混合効果を利用して、一定の波長の電磁波により形成されている像を他の波長の電磁波により形成されている像に変換する光学装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、前記装置の製造方法を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、前記装置を用いた画像変換システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的を達成するために本発明による請求項1記載の像波長変換装置は、多数の疑似位相整合和周波数発生光導波路の各一端と他端を2次元平面に整列させて光導波路アレイを形成し、

前記光導波路アレイ一方の平面を各導波路を要素とする入射面、他方の平面を前記入射面の導波路に対応する導波路を要素とする出射面とし、

前記入射面の任意の要素に入射した入射光(λ_1)と励起光(λ_2)から、下記の関係を有する出射光(λ_3)を前記対応する導波路要素に発生するように構成されている。

記

$$(\lambda_1)^{-1} + (\lambda_2)^{-1} = (\lambda_3)^{-1}$$

ここにおいて、

λ_1 : 入射光の波長

λ_2 : 励起光の波長

λ_3 : 出射光の波長

本発明による請求項2記載の像波長変換装置は、請求項1記載の装置において、

前記入射光は赤外線からmm波に渡る不可視光であり、前記励起光は前記出射光が可視光となる波長を持つものであり、前記入射光は最も好ましくは $3.5\mu\text{m}$ 、前記励起光は $0.8\mu\text{m}$ 、前記出射光は $0.68\mu\text{m}$ としてある。

本発明による請求項3記載の像波長変換装置は、請求項1記載の装置において、

前記入射光に対応した一定の開口を有する前記光導波路アレイを $m \times n$ のマトリックス状に配列し各導波路ごとに和周波数発生用の混合を行なうように構成されている。

【0007】

本発明による請求項4記載の方法は、像波長変換装置の製造方法であって、

非線形光学結晶ウエハを準備するステップと、

前記光学結晶ウエハに一定の方向に一定の周期で分極判定部分を形成するステップと、

前記非線形光学結晶ウエハを一定の方向に一定の長さを備える多数の光導波路に分離して光導波路要素を準備するステップと、

前記光導波路要素を光学的に分離された状態で接合するステップと、および

前記各要素の一端面の集合面を入射面、他端面の集合面を出射面とするステップから構成されている。

【0008】

本発明による請求項5記載の像波長変換装置システムは、

多数の疑似位相整合和周波数発生光導波路の各一端と他端を2次元に整列されて形成された入射面と出射面を備える像波長変換装置と、

前記像波長変換装置の入射面に像(波長 λ_1)を形成する像形成光学系と、

前記像波長変換装置の入射面に励起光(波長 λ_2)を照射する励起光光学系と、

前記像波長変換装置の出射面に現れた第3の波長(波長 λ_3)の像を受像する受像手段と、から構成されている。

【発明の効果】

【0009】

本発明のフォトンミキシング素子は、従来の装置より赤外線イメージデータを可視光イメージデータに高速で波長変換することが可能である。また、赤外線イメージの高分解能、高感度化を達成することができるので、低コストの実用的な赤外線カメラを形成するこ

とが可能である。また、本発明による前記赤外線カメラを用いた像波長変換装置システムによれば、従来の赤外線カメラに対して極めて小形の赤外線カメラを提供することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下図面等を参照して本発明による像波長変換装置の実施形態を説明する。

図1は、本発明による像波長変換装置の概念を説明するための略図であり、図2は、前記像波長変換装置の動作を説明するための略図である。

本発明による像波長変換装置は、非線形光学効果の和周波光混合（フォトンミキシング）を示すことができるドメイン反転非線形光学結晶を、光導波路に用いるものである。図1に多数本（ $m \times n$ ）の光導波路よりなる像波長変換装置3を示している。図1に光導波路3aを取り出して示してある。

【0011】

図2に示すように画像1の像（ $\lambda_1 = 3.5 \mu\text{m}$ ）がハーフミラー2を介して像波長変換装置3の入射面に形成される。なおハーフミラー2は λ_1 の光を透過し、 λ_2 の光を反射する。一方励起光（ $\lambda_2 = 0.8 \mu\text{m}$ ）が像波長変換装置3の入射面の全面に入射されたとする。画像1からの光と励起光が入射した光導波路の出射端からは、前述した和周波数に ω_3 （ $\lambda_3 = 0.68 \mu\text{m}$ ）に相当する波長の光が現れる。

なお、 $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$ は、 $(\lambda_1)^{-1} + (\lambda_2)^{-1} = (\lambda_3)^{-1}$ と等価である。像波長変換装置3から出射した光のうち波長 λ_3 の光は、ハーフミラー4を透過してスクリーン5に投影される。波長 λ_3 の光は可視光であるから目視の観察も可能である。なお簡単のために図2では投影手段を省略してある。

和周波混合に寄与しなかった励起光は、必要により、ハーフミラー4により除去される。すなわち、前述の像波長変換装置によれば、 $3.5 \mu\text{m}$ の赤外イメージと $0.8 \mu\text{m}$ の励起光のフォトンミキシングにより $0.68 \mu\text{m}$ の可視イメージ（画像）に変換することができる。

【0012】

次に、図3を参照して像波長変換装置の製造工程をLiNbO₃結晶（以下LN結晶）を用いる例について説明する。

（LNウエハの準備ステップ）

基板となるLN結晶ウエハは、チョクラルスキ法（種結晶を用いた引き上げ法）により作製された直径4～5インチ、長さ30cm程度のインゴットからz軸（結晶引き上げ方向）と垂直な面と平行に切り出された（輪切にした）薄板である。前記薄板の両面は光学研磨がなされている。

【0013】

（分極反転ステップ）

母材結晶のインゴットは引き上げ成長後、外部から電場を加えて単分域操作（分極方向Psを一方向に揃えるための操作）を行ったものであり、基板となるウエハの厚さは500～200ミクロン程度である。前記光学結晶ウエハ上ほぼ全面に紫外線レーザー描画法により、数ミクロン幅のラインとスペース（周期12ミクロン程度）のフォトレジストパターンを作製する。（高分子の膜のフォトレジストはレーザー光照射された部分のみが感光し、薬液を使って現像することにより消失する）

周期レジストパターン描画後、金またはアルミ電極を全面に蒸着する。また、裏面にも電極を蒸着する。表裏の電極間に高い電圧パルス（20KV/mm、2～5m秒）を印加して全面分極反転を行う。レジストのない結晶表面では高電圧が印加されて分極反転するが、レジスト上の電極部分では反転に必要な十分高い電圧が印加されないので分極反転が生じない。

この図ではレジスト部分を省略した所謂リフトオフ法を示している。

レーザー光ビームに対して垂直な平面内x、y方向の併進移動をコンピュータで精密に制御したステージ上にレジストを塗布したウエハを乗せて置く。レーザー光を、レジストを塗布

したウエハに真上から照射し、同時に所望の距離だけウエハを移動すると任意の寸法のパターンを描画することが出来る。本実験では波長 473 nm 、 1 mW 以下のレーザ光を、ウエハ上に塗布したポジ型フォトリソグレイに照射した。ビームをジグザグに走査することにより周期レジストパターンを作製することができる。

【0014】

(光導波路形成ステップ)

周期分極反転と直交してフォトリソグラフィ法により太さ数ミクロン～十数ミクロンの光導波路をウエハ全面に渡って作製する。作製は、まずレーザ露光法により光導波路以外の部分のレジストを照射・現像・除去してパターン化する。その後、タンタルを蒸着し、リフトオフ法により光導波路部分を露出する。このとき光導波路の数は1400本程度である。次に、240度程度に温めた磷酸溶液に所望の時間（サイズにより異なるが20分から1時間程度）浸漬する。その後、タンタルを除去してから、400度で1時間程度熱処理をして光導波路を作製する。この操作により結晶中のLiと磷酸中のプロトンが交換され、屈折率の高い光導波路がLNウエハ中に容易に作製できる。

【0015】

(背面研磨と切断)

その後、図右側の拡大断面図の研磨1の部分を研磨除去する。上側の基板と光導波路の上面は接着されており、研磨終了後に除去される。

$35\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 程度のシート状チップ多数個切断し、1次元アレイを作製する。最終的には、LNウエハは $35\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 50\text{ }\mu\text{m}$ （厚さ）程度の大きさのシート状チップに切断される。1枚のウエハから8枚程度のシート状チップが得られる。

(積層部形成)

デバイスは「薄片1次元アレイを積層して」作製する。1次元アレイの光導波路間隔は20ミクロン程度であり、均一かつ均質である。光導波路間の干渉は無視できるものである。または撮像アレイの積層間隔は50ミクロン程度であり、積層の際の材料として紫外線硬化樹脂をもちいる。このチップが多数積層されて図2のSFGデバイス3となる。なお、 35 mm 幅のチップの中には30ミクロン幅の光導波路が20ミクロンの間隔で640本並んでいる（ $50\text{ }\mu\text{m} \times 640 = 32\text{ mm}$ より 35 mm 幅を選択）。

【0016】

次に第4図を参照して、前記像波長変換装置を用いた画像変換システムについて説明する。このシステムは前述したような像波長変換装置を用いて赤外線撮像システムを構成したものである。像波長変換装置12は、光導波路開口が $30\text{ }\mu\text{m}$ の光導波路 640×480 本を集積したものである。

【0017】

赤外線（ $\lambda_1 = 3.5\text{ }\mu\text{m}$ ）を含む像は、対物レンズ10、ビームスプリッタ11を介して像波長変換装置12の入射面に結像される。一方励起光源であるレーザダイオード16からの励起光（ $\lambda_2 = 0.8\text{ }\mu\text{m}$ ）はコリメータレンズ17およびビームスプリッタ11を介して像波長変換装置12の入射面を照射する。

その結果像波長変換装置12の出射面に現れた可視光（ $\lambda_3 = 0.65\text{ }\mu\text{m}$ ）の像はレンズ10およびビームスプリッタ14を介してシリコン製のCCD15に結像させられる。和周波混合に寄与しなかった励起光（ $\lambda_2 = 0.8\text{ }\mu\text{m}$ ）はビームスプリッタ14で反射され除去される。シリコンCCD15の出力はディスプレイ20に表示される。

【0018】

本システムの主要部分である像波長変換装置12は極めて小さいので例えば（ $32\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ ）であるからカメラ部分9は、現在市販されているデジタルビデオカメラと略同じかまたそれ以下の大きさにすることができる。

【0019】

(変形例) $\lambda_1 = 3.5\text{ }\mu\text{m}$ の赤外線の可視化について、詳細な説明を行なったが、同様にして1～5 μm の赤外イメージの可視化も可能であり、他の波長の変換にも広く応用が

できる。また LiNbO_3 結晶を用いる例を示したが LiTaO_3 結晶も同様に利用できる。

【産業上の利用可能性】

【0020】

本発明の光子ミキシング素子は、従来の装置より赤外線イメージデータを可視光イメージデータに高速で波長変換することが可能であるから、映像伝送の分野に広く利用可能である。また、赤外線イメージの高分解能、高感度化を達成することができるので、低コストの実用的な赤外線カメラを形成することが可能になり、暗視野の監視装置や悪環境下の現象の監視等の分野に広く利用できる。また、本発明による前記赤外線カメラを用いた像波長変換装置システムによれば、従来の赤外線カメラに対して極めて小形の赤外線カメラを提供することが可能であるから、多方向から複数のカメラによる監視が必要な分野に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】 本発明による像波長変換装置の概念を説明するための略図である。

【図2】 前記像波長変換装置の動作を説明するための略図である。

【図3】 本発明による像波長変換装置の製造工程を説明するための説明図である。

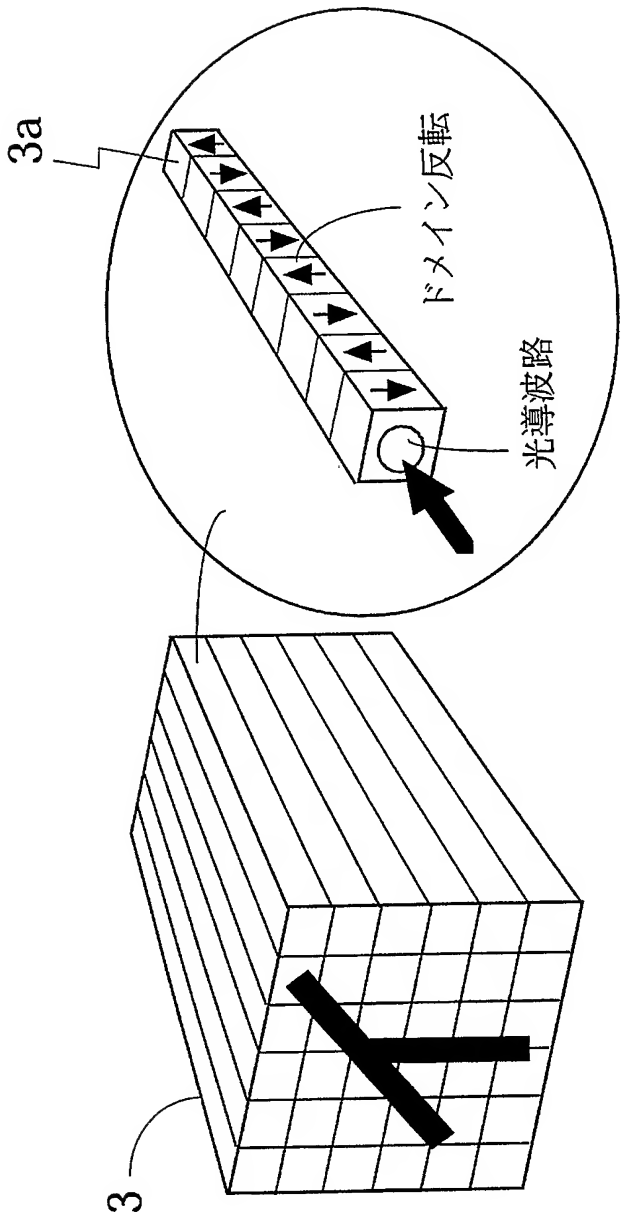
【図4】 前記装置を用いた画像変換システムのブロック図である。

【符号の説明】

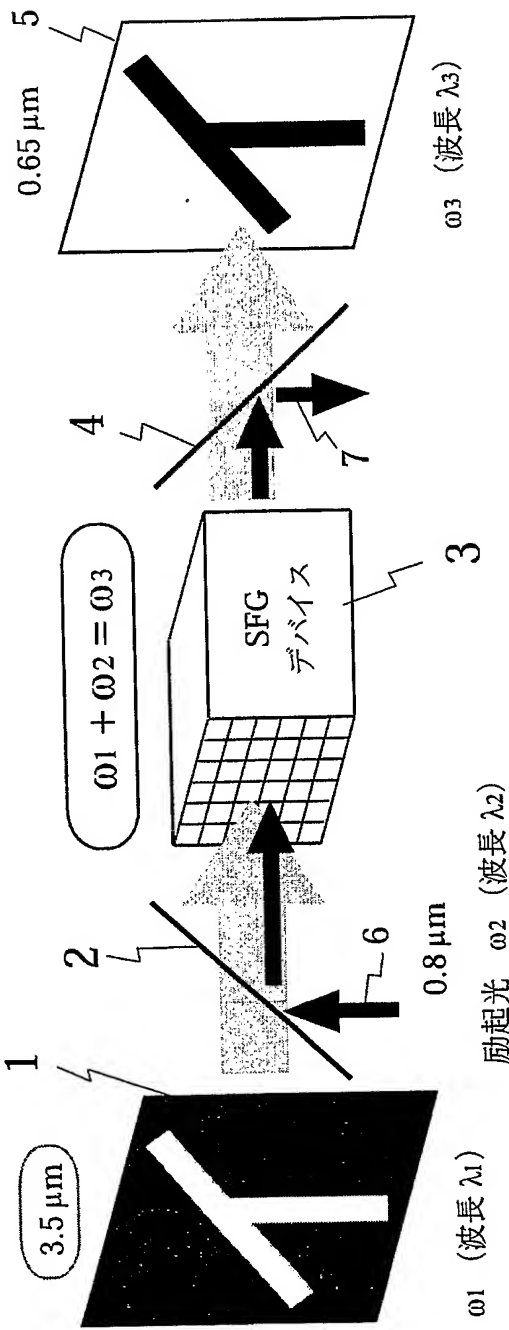
【0022】

- 1 変換対象画像
- 2 ハーフミラー
- 3 像波長変換装置（光導波路アレイ）
- 4 ハーフミラー
- 5 スクリーン
- 6 励起光
- 7 排除される励起光
- 9 カメラ部分
- 10 対物レンズ
- 11 ビームスプリッタ
- 12 像波長変換装置
- 14 ビームスプリッタ
- 15 CCD
- 16 励起光源（レーザダイオード）
- 17 コリメータレンズ
- 20 ディスプレイ装置

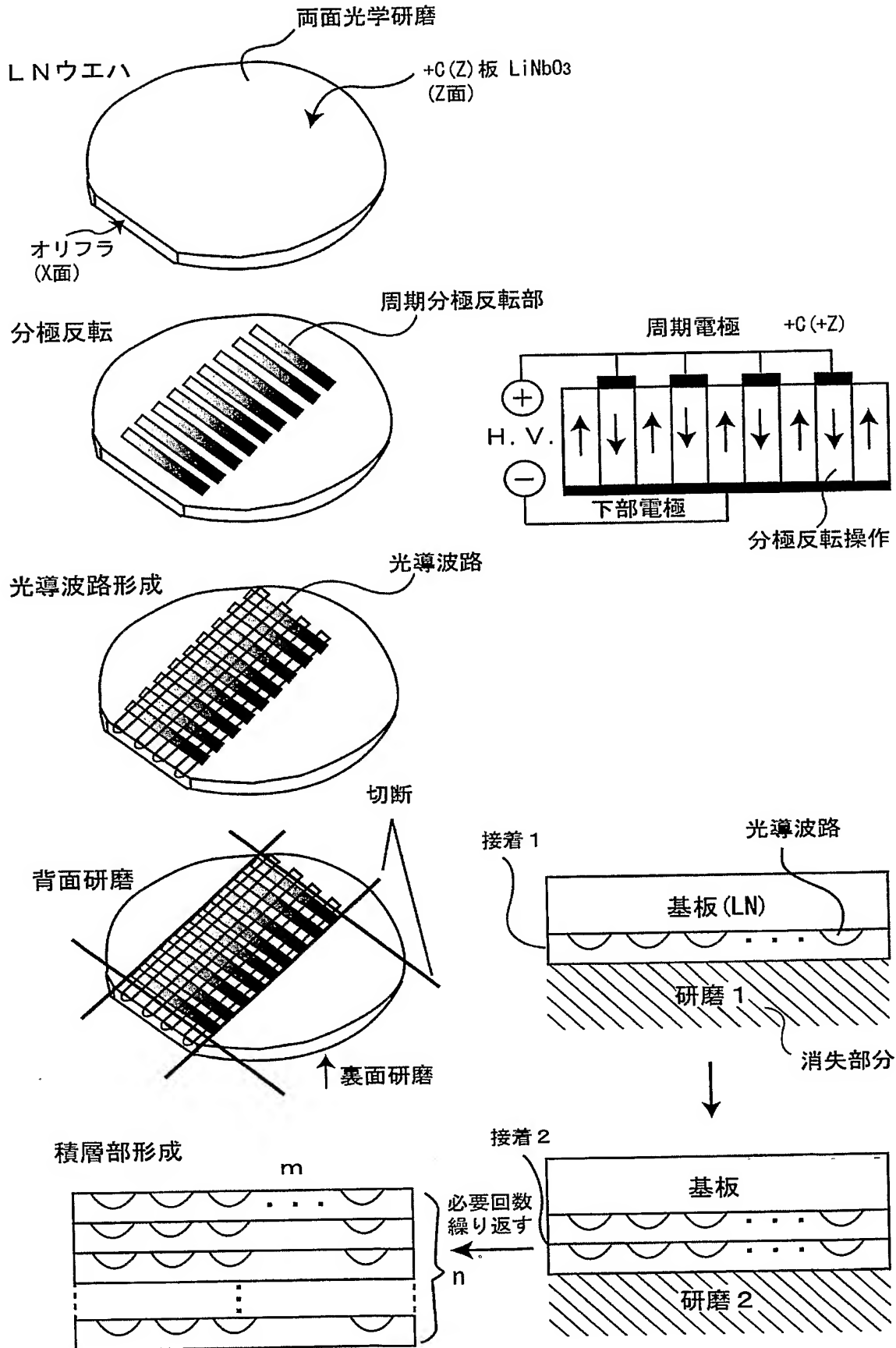
【書類名】 図面
【図 1】



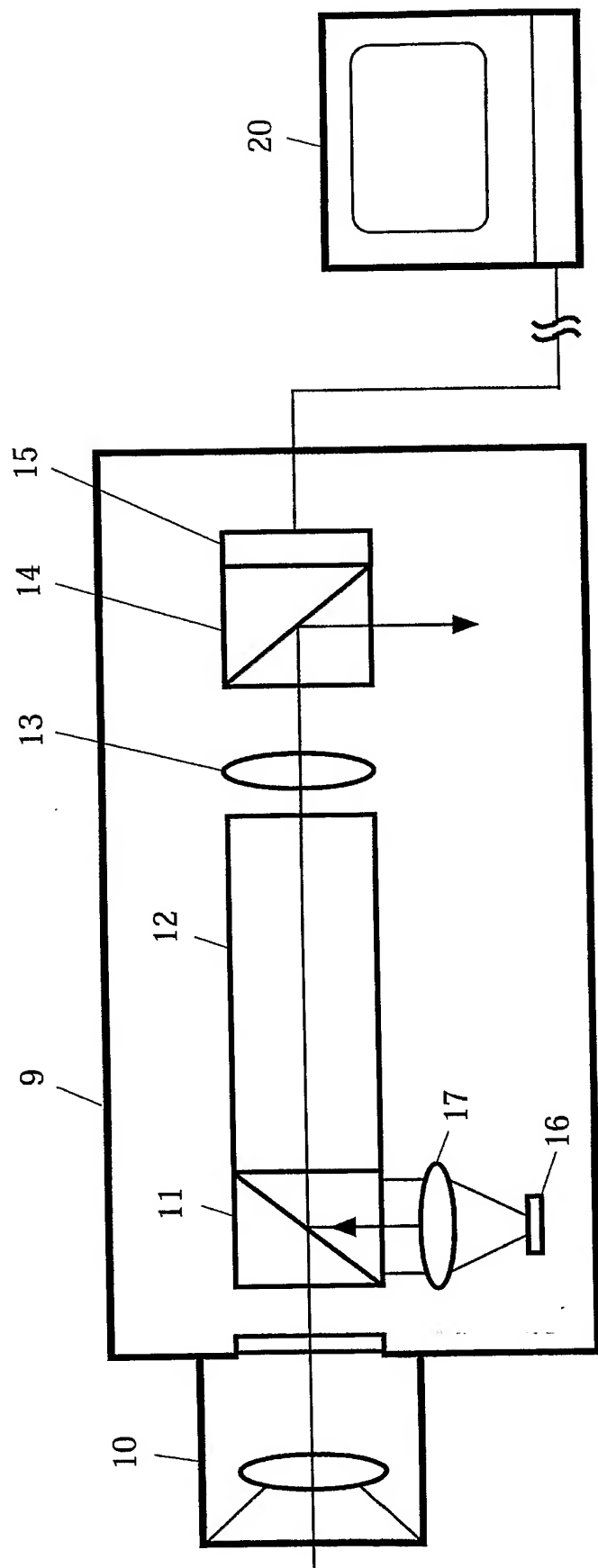
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】赤外線像を可視光に変換する像波長変換装置、前記装置の製造方法、および前記装置を用いた画像変換システムを提供する。

【解決手段】像波長変換装置は、多数の疑似位相整合和周波数発生光導波路の各一端と他端を2次元平面に整列させた光導波路アレイ3からなる。前記光導波路アレイ3の一方の平面を各導波路を要素とする入射面、他方の平面を前記入射面の導波路に対応する導波路を要素とする出射面とする。前記入射面の任意の要素に入射した入射光(λ_1)と励起光(λ_2)から、下記の関係の有する出射光(λ_3)を前記対応する導波路要素に発生する。

$$(\lambda_1)^{-1} + (\lambda_2)^{-1} = (\lambda_3)^{-1}$$

ここにおいて、 λ_1 は入射光の波長、 λ_2 は励起光の波長、 λ_3 は出射光の波長である。

【選択図】図2

特願 2004-098297

出願人履歴情報

識別番号

[802000020]

1. 変更年月日

2002年 1月22日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市城北3-5-1 静岡大学浜松キャンパス内

氏 名

財団法人浜松科学技術研究振興会